

ИНСТИТУТ ТОЧНОЙ МЕХАНИКИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

13

Е. Ф. Бережной

ОПЕРАТИВНЫЙ РЕГИСТР
НА МАГНИТОСТРИКЦИОННОЙ
ЛИНИИ ЗАДЕРЖКИ

МОСКВА — 1958

ИНСТИТУТ ТОЧНОЙ МЕХАНИКИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

Е.Ф. Бережной

ОПЕРАТИВНЫЙ РЕГИСТР НА МАГНИТОСТРИКЦИОННОЙ
ЛИНИИ ЗАДЕРЖКИ

Москва - 1958

ОПЕРАТИВНЫЙ РЕГИСТР НА МАГНИТОСТРИКЦИОННОЙ
ЛИНИИ ЗАДЕРЖКИ

Излагаются основные сведения по разработке и экспериментальному исследованию работы магнитострикционной линии задержки величиной до 105 мксек с никелем в качестве материала звукопровода и электромеханического преобразователя.

Приведены результаты исследования электронных схем, образующих с линией задержки оперативный регистр с частотой тактовых импульсов 400 кгц.

AN OPERATIONAL REGISTER WITH A MAGNETOSTRICTIVE
DELAY LINE

Some basic data on developing and experimental study of a magnetostrictive delay line with sonic line and electromechanical transducer from nickel and delay time of 105 microseconds are given.

The test results for electronic circuits and delay line of an operational register with 400 kc/s pulse rate are considered.

ВВЕДЕНИЕ

Экспериментальные и конструкторские работы, проведенные в Институте точной механики и вычислительной техники АН СССР (ИТМ и ВТ) в течение 1955-1956 гг. по изучению свойств магнитострикционных линий задержки и способов их использования в устройствах цифровых вычислительных машин [1], показали, что ряд присущих им особенностей делает рациональным использование этих линий в запоминающих устройствах машин, относящихся к классу специальных и работающих по последовательному принципу. Рациональность и удобство использования линий задержки в этих условиях обусловливается простотой и надежностью конструкции, небольшим объемом и весом, относительно небольшим количеством сопутствующего электронного оборудования по сравнению с другими вариантами запоминающих элементов при амплитудах выходных сигналов того же порядка, отсутствием движущихся механических частей при работе, а также легкостью изготовления линий.

Вместе с тем стало очевидным, что желание использовать магнитострикционную линию в качестве основного элемента запоминающего устройства конкретной машины требует разработки конструкции линии и обслуживающих ее электронных элементов применительно к параметрам данной машины и к общим требованиям, поставленным перед ней.

Опытно-исследовательская и конструкторская работа, итоги которой описаны в настоящей статье, имела целью получить основной элемент за-

поминающего устройства - оперативный регистр с функциями: ввода, длительного хранения и выдачи кода и с возможностью доступа к каждому из регистров в отдельности при работе их в устройстве. В качестве основы для регистра была использована магнитострикционная линия задержки.

При разработке схемы оперативного регистра необходимо было выполнить следующие технические условия:

1. Частота следования тактовых импульсов должна составлять 400кц .

В процессе наладки устройства она может быть изменена в пределах $\pm 5\%$.

2. Количество разрядов кода, хранящегося в линии, в процессе наладки устройства может быть установлено от 20 до 40.

3. Электронные схемы регистра должны обеспечивать ввод и длительное хранение кода, выдачу кода на кодовые шины без нарушения хранения, гашение кода. Переходные процессы управления должны укладываться в промежуток между тактовыми импульсами. Входы схем управления должны быть высокоомными, выходы регистра - достаточно мощными.

4. По номиналам напряжений питания, амплитудам и длительности импульсных сигналов схемы регистра должны быть согласованы с комплексом логических элементов, разработанных в одной из лабораторий ИТМ и ВТ.

5. Разработка электронных схем должна быть проведена на лампах пальчиковой серии на базе конструкций стандартных элементов ИТМ и ВТ.

Описываемый узел оперативного регистра удовлетворяет этим техническим условиям.

I. БЛОК-СХЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО РЕГИСТРА И СТЕНДА

Блок-схема оперативного регистра приведена на рис.1.

При работе регистра к нему, кроме напряжений питания, подводятся: серия главных (тактовых) импульсов (ГИ) с частотой 400кц , серия им-

пульсов (СГИ), сдвинутых на 1мксек по отношению к ГИ, серия стробирующих импульсов ($I_{\text{строб}}$), передний фронт которых совпадает по времени с серией ГИ, а задний - с серией СГИ.

Запись кода в регистр, предварительно очищенный запиранием вентиля B_1 , производится подачей на управляющий вход вентиля B_2 потенциала записи $\Pi_{\text{зп}}$. Записываемый код в виде серии импульсов, синхронных с ГИ, поступает на удлиняющую емкость $C_{\text{удл}}$, где импульсы растягиваются и за-

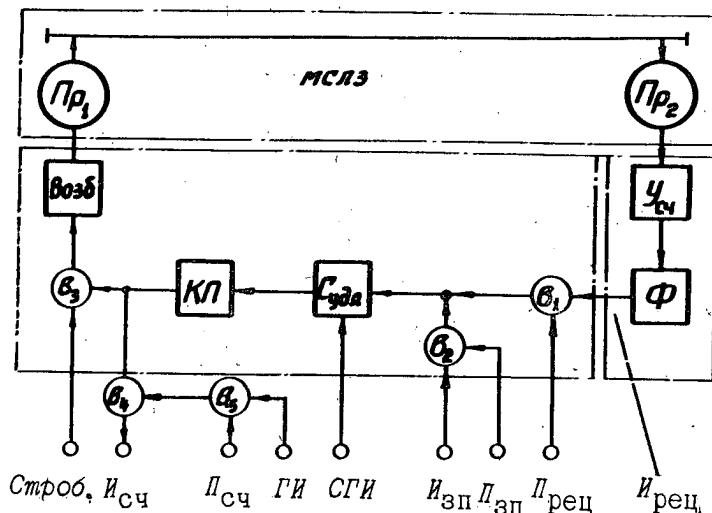


Рис. 1

тем усиливаются по мощности катодным повторителем КП. На вентиле B_3 происходит стробирование импульсов кода, усиление на каскадах возбуждения, после чего код вводится в линию преобразователем Пр1. Импульсы от выходного преобразовате-

ля Пр2 усиливаются и

формируются каскадами $U_{\text{сч}}$ и Φ и, если вентиль B_1 открыт, поступают на заряд удлиняющей емкости $C_{\text{удл}}$ через схему объединения. Так осуществляется рециркуляция кода в регистре. Гашение кода достигается запиранием вентиля B_1 . Считывание может быть произведено различным образом, например, с выхода КП посредством вентилей B_4 и B_5 , на которые подается потенциал считывания $\Pi_{\text{сч}}$.

Как известно, установленное время задержки линии изменяется при изменении окружающей температуры. Поэтому положение импульса на выходе линии по отношению к главным импульсам может меняться. Для уравнивания указанных фазовых соотношений в схему введена удлиняющая емкость $C_{\text{удл}}$, растягивающая импульсы от выхода линии и обеспечивающая возможность стробирования.

Временная диаграмма работы регистра в различных режимах показана на рис.2. Для сокращения временной диаграммы код, хранящийся и вводимый в линию, представлен на диаграмме шестью разрядами. Возможны и иные варианты блок-схемы регистра, рассчитанные на выполнение тех же функций. Описанный выше вариант является наиболее удобным в отношении количества оборудования и гибкости работы регистра.

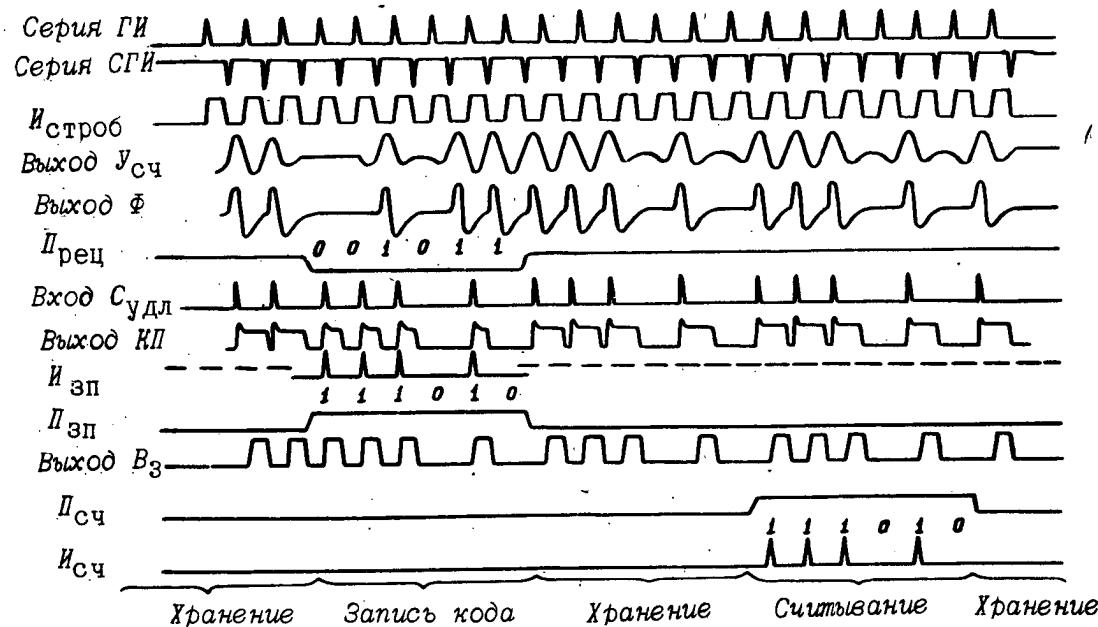


Рис. 2

Для наладки и исследования схем регистра в режимах записи различных кодов и хранения был создан стенд вспомогательной аппаратуры, блок-схема которого приведена на рис.3.

Стенд собран в основном из стандартных элементов БЭСМ [2].

Формирователи Φ_1 и Φ_2 вместе с электромагнитными линиями задержки ЛЗ₁ и ЛЗ₂ типа СЛЗ III составляют схему генератора импульсов, который после включения кнопки запуска выдает две серии отрицательных импульсов амплитудой около 40в и шириной в основании 0,3 - 0,4мксек, сдвинутых на 1мксек относительно друг друга. Частота генерации опре-

деляется суммой величин задержек LZ_1 и LZ_2 и задержкой в схемах формирователей и была установлена равной 407кц. Серия положительных импульсов ГИ образуется формирователем Φ_3 , стробирующие сигна-

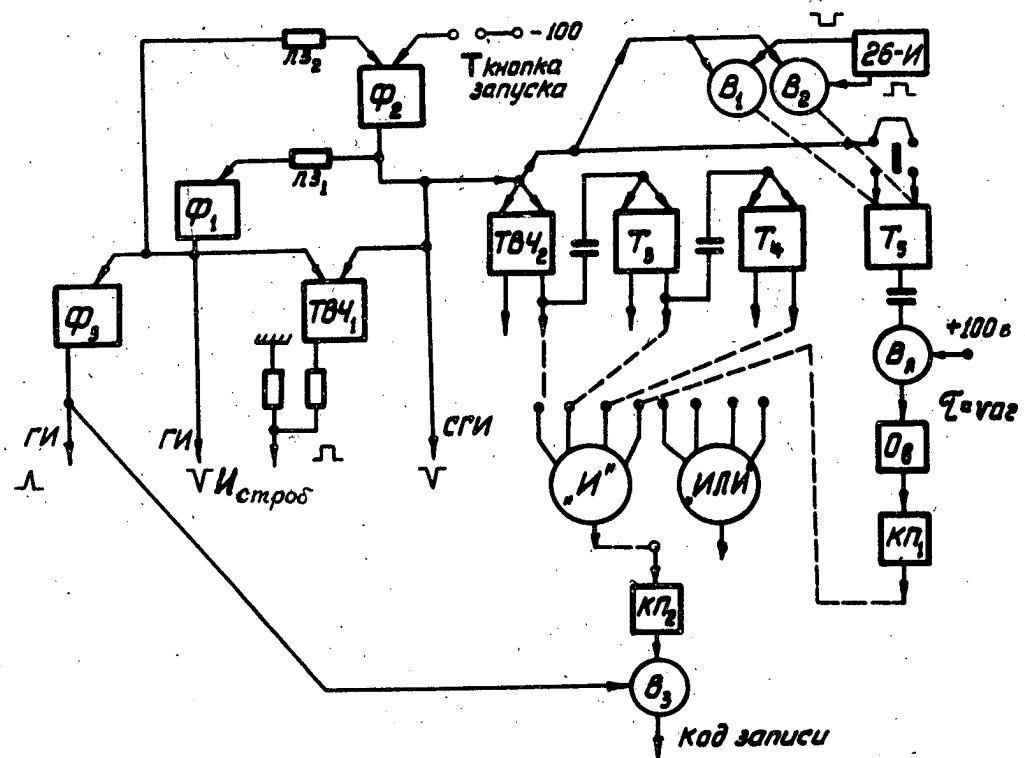


Рис. 3

лы снимаются с части катодного сопротивления катодного повторителя $TB\chi_1$. Амплитуда их равна 20в. Осциллограммы основных серий импульсов показаны на рис.4,*a, б, в*.

Для обеспечения режима хранения (рециркуляции) указанных элементов достаточно. Все остальные элементы блок-схемы работают в различных режимах записи. Присоединяя выходы счетчика, состоящего из триггеров $TB\chi_2$, T_3 и T_4 , в различной комбинации к входам схем "И" и "ИЛИ", мы получаем на выходе вентиля B_3 различные коды с периодичностью в 8 цифр — от кода 00000001 до кода 01111111. Период в 8 цифр вполне достаточен для проверки схем в режиме "кода одиночного нуля" и "кода одиночной единицы". Если запись кода в линию желательно произвести одно-

кратно, к одному из входов схемы "И" присоединяется выход КП₁. При включении "переключателя синхронного одиночного импульса" (ПСОИ), триггер T₆ перебрасывается, запуская через ламповый вентиль В_д (примененный здесь в качестве усиливающего и формирующего звена) схему одноходового мультивибратора, длительность импульса которого может быть изменена от 20 до 62 мксек.

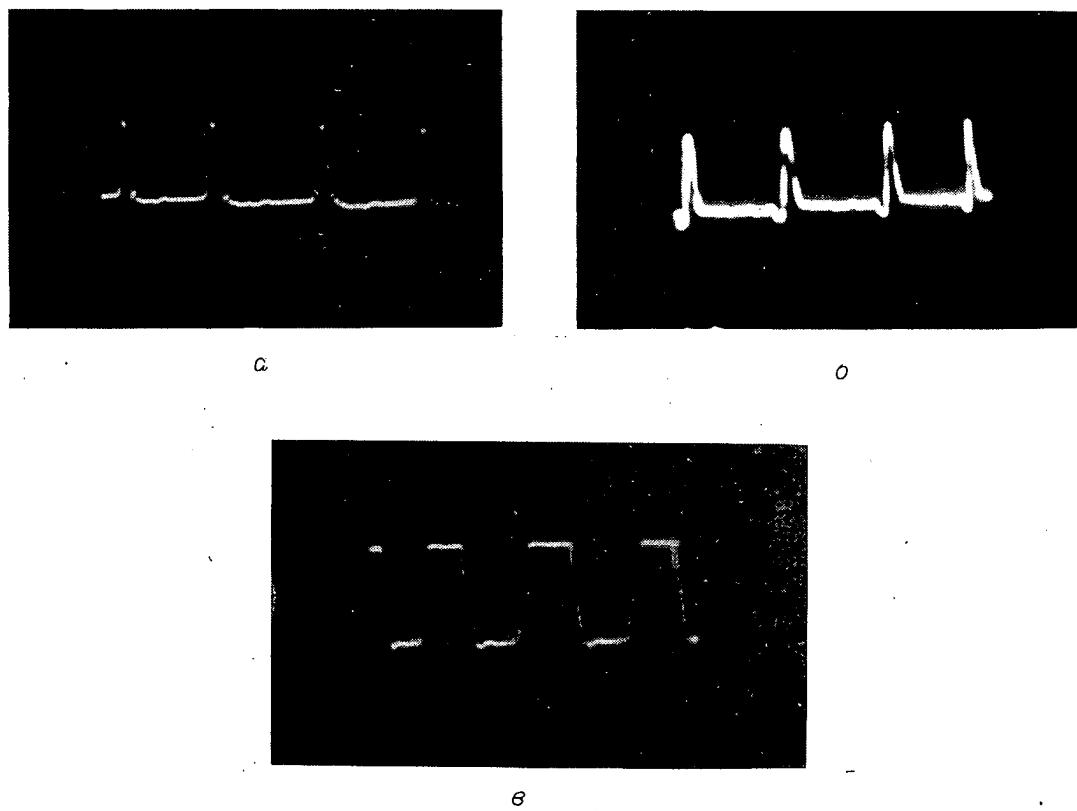


Рис. 4. Осциллографмы основных серий импульсов стенда:
а - серия ГИ (главных тактовых импульсов). Масштаб: в 1 см
30 в; метка - 0,1 мксек; б - серия СГИ. Масштаб: в 1 см
30 в; метка - 0,1 мксек; в - серия "Истроб". Масштаб в
1 см 7 в; метка - 0,1 мксек.

Схема позволяет также периодизировать процесс однократной записи в линию для получения возможности его визуального наблюдения. Это осуществляется одновременной подачей сигналов разной полярности от 26-И на входы вентилей В₁ и В₂. Входы триггера T₅ перед этим присоединяются

вместо переключателя ПСОИ к выходам вентиляй B_1 и B_2 . При таком включении

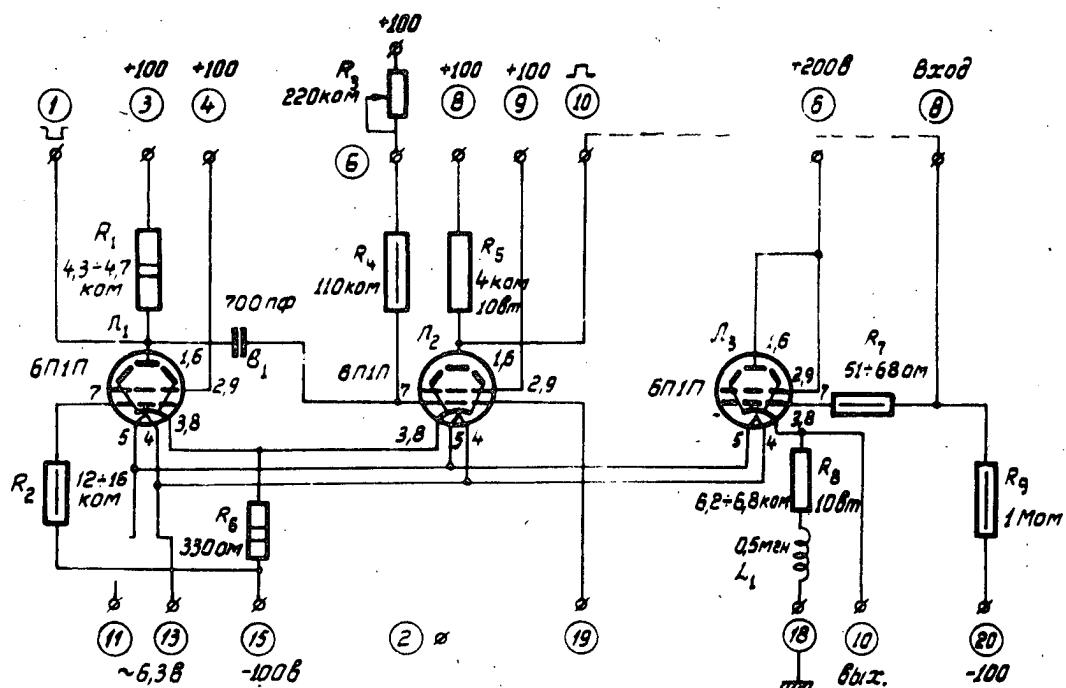


Рис. 5

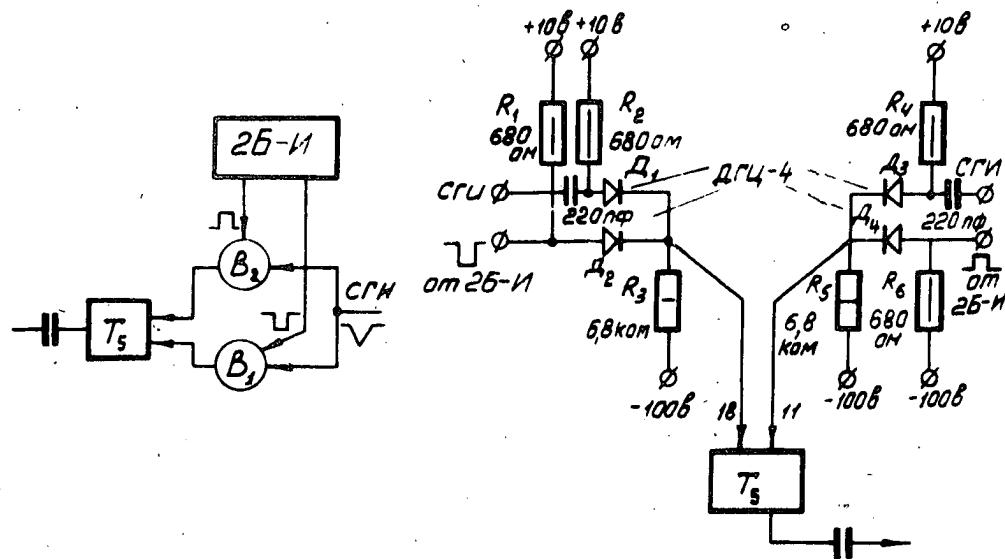


Рис. 6

одновибратор запускается с частотой 26-II (50-200 Гц), а для записи в

линию поступает код, длина которого регулируется установкой одновибратора, а содержание - способом соединения схем "И" и "ИЛИ" и выходов триггеров T_2 - T_5 .

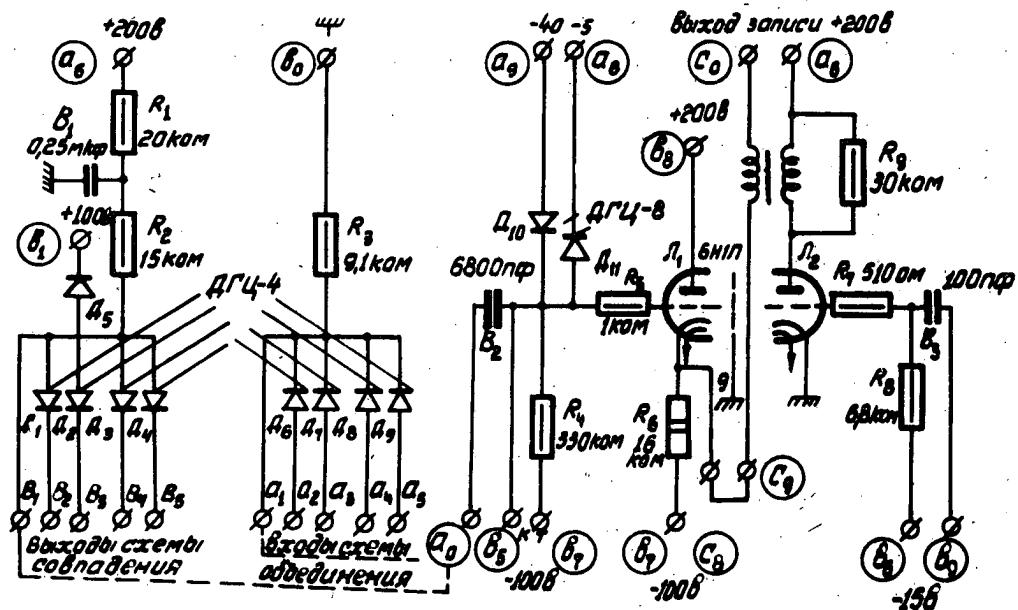


Рис. 7

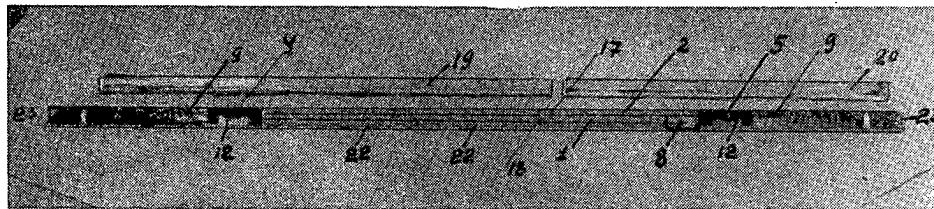
Ниже приводятся схемы нестандартных элементов стенда: одноходового мультивибратора и катодного повторителя КП (рис.5), вентилем B_1 и B_2 (рис.6) и переходной ячейки (рис.7), в которую объединены схемы "И", "ИЛИ", KP_2 и B_3 .

П. МАГНИТОСТРИКЦИОННАЯ ЛИНИЯ ЗАДЕРЖКИ

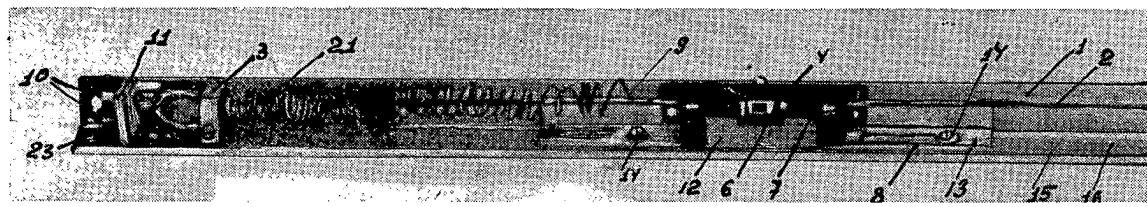
1. Конструкция линии

Фотография линии задержки приведена на рис. 8, а, б. Детали линии собраны на алюминиевом уголке 1 длиной 780мм. Звукопровод 2 натянут по прямой линии и концами припаян к опорным стойкам 3. Выводы катушки преобразователя (как входного 4, так и выходного 5) прикрепляются пай-

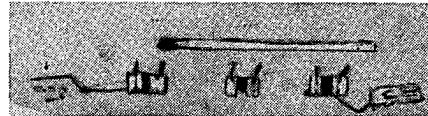
кой к лепесткам 6 планки 7, укрепленной на подвижной каретке 8. К этим же лепесткам припаиваются гибкие проводники 9 из литцендрата, соединяющие катушки с выходными лепестками 10, расположенными на текстолите -



a



0



в

Рис. 8

товых планках 11. На каретке, кроме преобразователя, помещается небольшой постоянный магнит 12, обеспечивающий подмагничивание линии под преобразователями. Каретку можно перемещать вдоль уголка на длину паза 13, ослабив винты 14. Кроме того, каретку входного преобразователя можно переставлять, для чего вдоль уголка размещены отверстия 15 с нарезкой для винтов 14. Вдоль линии проходит латунный экран 16, обеспечивающий высококачественное заземление линии. Поперечные стойки 17 и 18 с пазами для прохода звукопровода дополнительно экранируют выходной преобразо-

зователь от входного и служат опорами для крепления крышек 19 и 20.

На концах звукопровода размещаются поглотители механических колебаний 21. Латунный экран во избежание выпучивания прижимается к уголку планками 22. Несущий уголок имеет на концах по два отверстия 23 для крепления блока линий задержки к стойке. Минимальное расстояние между катушками равно 225мм, максимальное 500мм.

2. Фазовые соотношения в схеме и температурные пределы работоспособности

В качестве материала для электромеханического преобразования и среды, передающей упругие колебания, был испытан никель различных образцов и марок в виде ленты и в виде проволоки различных диаметров. Прежде чем приводить характеристики каждого из образцов материала, рассмотрим вопрос о фазовых соотношениях в схеме регистра и определим температурные пределы устойчивого хранения кода.

Из блок-схемы и временной диаграммы регистра (рис.1 и 2) можно видеть, что импульс от линии (на выходе Φ) может приходить сразу же по окончании импульса гашения предыдущего такта и вплоть до начала импульса стробирования. В этих границах схема обеспечивает полноценный сигнал на входе каскадов возбуждения. Таким образом, фазовый залас в схеме регистра определяется как разность

$$t_{\Phi.z} = T_T - t_{i.g.} - t_{i.s.} \quad (1)$$

В данной схеме длительность такта T_T равна 2,5 мксек, ширина импульса гашения $t_{i.g.}$, (то есть импульса серии СГИ) в основании равна 0,4мксек и ширина импульса строба $t_{i.s.}$ равна сдвигу между сериями ГИ и СГИ, т.е.

1 мксек. Отсюда фазовый запас схемы оценивается в 1,1 мксек.

Температурный коэффициент изменения величины задержки для никеля равен [1;3]:

$$TK_{\tau_{Ni}} = 0,00014 - 0,00015^{\circ}/^{\circ}C$$

Диапазон температур с устойчивой рециркуляцией кода определяется из зависимости

$$\Delta T [^{\circ}C] = \frac{t_{\phi,z}}{TK_{Ni} \cdot \tau_{зд}} . \quad (2)$$

Диапазон температур ΔT сужается при увеличении $\tau_{зд}$. Рассмотрим крайний случай - линия на 40 цифр кода, т.е. $\tau_{зд} = 2,5 \cdot 40 = 100$ мксек

$$\Delta T = \frac{1,1}{0,00015 \cdot 100} = 73^{\circ}C .$$

Эта величина с избытком перекрывает возможные при работе в лабораторных условиях пределы изменения температуры окружающей среды, ввиду чего в конструкции линии не предусматривается никаких мер по терmostатированию или по температурной компенсации.

В работе [1] показано, что оптимальным с энергетической точки зрения является возбуждение сигналов в линии импульсами тока, длительность которых составляет половину такта. В данной схеме ширина импульса строба (1 мксек) принята несколько меньше оптимальной (1,25 мксек), что неизначительно уменьшает амплитуду выходных сигналов и вместе с тем несколько повышает разрешающую способность линии (т.е. обеспечивает возможность работы с большей тактовой частотой), расширяет температурные границы устойчивой работы и обеспечивает более легкий режим работы импульсных трансформаторов каскада возбуждения.

3. Катушки преобразователей

Разрешающую способность линии, т.е. минимальное расстояние, на котором могут следовать соседние импульсы кода, определяют геометричес-

кие размеры преобразователей. Электромеханическое преобразование происходит на участках материала звукопровода под катушками преобразователей. Длина участка определяется длиной и внешним диаметром обмотки катушки.

Для достижения разрешающей способности $400 \div 450 \text{ мкн}$ на линии задержкой около 100 мксек были приняты катушки (рис.8,в), намотанные на каркасах из органического стекла с длиной намотки $l = 2\text{мм}$, диаметром внутреннего витка $d_B = 1,5\text{мм}$ и диаметром внешнего витка $d_H = 3,0\text{мм}$. В центре каркаса имеется продольное отверстие диаметром 1мм для звуконосителя.

В такой каркас помещается 1300 витков провода ПЭВ 0,03мм или 500 витков провода ПЭВ 0,05мм. Катушка выходного преобразователя наматывается проводом 0,03мм в эмалевой изоляции. Омическое сопротивление обмотки составляет $220 \div 240\text{ом}$, индуктивность $2,5\text{мн}$, индуктивность катушки с линией 4мн .

Обмотка входного преобразователя выполнена более толстым проводом (0,05мм), выдерживающим по тепловой нагрузке ток выходной лампы каскада возбуждения. Омическое сопротивление обмотки составляет $32 \div 35\text{ом}$, индуктивность $0,38\text{мн}$, индуктивность с линией $0,6\text{мн}$.

4. Материал звукопровода (линий)

Степень пригодности материала для преобразования электромагнитной энергии в механическую и обратно определяется электромеханическим коэффициентом связи. Такая оценка применяется в системах с установившимися гармоническими колебаниями, системах типа ультразвуковых излучателей и приемников. Для материала линии задержки, работающего в апериодическом режиме и связанного как единое целое с передающей средой (звукопроводом), оценка по электромеханическому коэффициенту связи не дает ясного ответа на вопрос, что можно ожидать от линий из такого

материала. Более прямым и ясным ответом на вопрос являются результаты испытаний материала в самой линии. Если к тому же для различных материалов испытания проведены в строго одинаковых условиях, их результаты позволяют сравнить материалы между собой, выяснить роль геометрической формы, размеров, термической и механической обработки материала.

Такие испытания различных материалов были проведены в режиме периодизированной однократной записи. На катушку входного преобразователя периодически подавались от каскадов возбуждения пачки импульсов тока амплитудой 100 μ A, шириной 1,6 мкsec и расстоянием между импульсами в пачке 1,7 мкsec (это соответствует частоте тактовых импульсов 300кц). Расстояние между пачками импульсов correspondовало частоте 100ц, число импульсов в пачке могло быть установлено от 6 до 20. Расстояние между преобразователями оставалось постоянным, преобразователи имели параметры, указанные выше.

Катушка выходного преобразователя для устранения колебаний в контуре, образованном ее индуктивностью и межвитковой емкостью, а также емкостью входа усилителя, была замкнута сопротивлением $R_{вх}=4,7\text{ ком}$. Сигнал усиливался первым каскадом выходного усилителя $У_{СЧ}$ (рис. 1) и изучался на осциллографе ИО-4. Чтобы получить сравнимые данные, каждому образцу материала обеспечивалось оптимальное поле подмагничивания, так как при прочих равных условиях амплитуда выходного сигнала зависит от величины поля подмагничивания, имея для каждого материала явно выраженный максимум этой величины. Результаты измерений приведены в табл. 1.

В зависимости от диаметра и характера обработки материала амплитуда сигнала, получаемого на нагрузке выходного преобразователя $R=4,7\text{ ком}$, изменялась от 0,02 до 0,45e с общей тенденцией к росту амплитуды с увеличением степени дисперсности материала линии. Исключительно важным является отжиг материала после протяжки в течение 15-30 мин. при тем-

пературе $800 \div 900^{\circ}\text{C}$. Амплитуда выходного сигнала у отожженного материала сравнительно с амплитудой у того же материала до отжига возрастает

Таблица 1

Материал	Диаметр жилы, мм	Число лент, жил, шт	Поперечное сечение линии, мм^2	Характеристика обработки материала	Рабочие амплитуды выходных сигналов θ	Изменение сигнала, %	Зависимость от подмагничивающего поля	Примечание
Никель электролитический	0,5	1	0,197	Твердотянутый не-отожженный	0,02	20	Слабая	Протяжка ЦНИИЧМ
Никель электролитический	0,4	2	0,251	То же	0,04	-	Слабая	То же
Никель электролитический	0,3	4	0,281	-"-	0,06	-	Слабая	-"-
Никель технический	0,3	4	0,281	Не отжигался	0,05	10	Слабая	Материал фирмы Harris Co.
Никель технический	0,3	4	0,281	Отжиг при 800°C	0,15-0,2	10	Средняя	То же
Никель технический	0,3	4	0,281	Отжиг при 1000°C	0,15-0,2	-	Средняя	-"-
Никель технический	0,2	9	0,281	Не отжигался	0,3	-	Средняя	-"-
Никель технический	0,2	9	0,281	То же	0,3-0,35	8	Сильная	Образец Минцветмет
Никель технический	0,1	36	0,281	-"-	0,06	-	Слабая	Материалы фирмы Harris Co.
Никель технический	0,1	36	0,281	Отжиг при 1000°C	0,25-0,3	-	Сильная	То же
Никель технический	0,08	56	0,281	Не отжигался	0,42-0,45	12	Средняя	-"-
Никель технический	0,08	56	0,281	Отжиг при 800°C	0,24	20	Сильная	-"-
Никель технический	0,5x0,12*	4	0,24	Не отжигался	0,37-0,4	10	Сильная	Материалы фирмы Harris Co.
Никель технический	0,46x0,05	8	0,183	Не отжигался	0,05-0,06	-	Слабая	-"-
Сталь (Co-65% и Fe-35%)	0,5	1	0,197	Не отжигался	0,04-0,05	6	Сильная	Изготовлен и протяжка ЦНИИЧМ

* Сечение ленты

в 4 \div 5 раз. Более длительный или двукратный отжиг ухудшает свойства

материала, уменьшает выходной сигнал и увеличивает искажение сигнала..

Для тех случаев, когда было заметно искажение сигнала в результате прохождения его по звукопроводу в виде выброса той же полярности, что и рабочий сигнал, на конце пачки импульсов, в таблице приведена относительная амплитуда этого выброса в графе "искажение сигнала". Искажение более заметно при использовании звукопроводов большего поперечного сечения. Следует иметь в виду, что для многих образцов материалов ход технологической обработки до поступления на испытание был неизвестен, поэтому в графе "характер обработки материалов" указаны либо операции, которым образцы подвергались в процессе исследования в Институте, либо операции, в отношении выполнения которых имеются достоверные сведения. Поэтому указание на то, что материал "не отжигался" не исключает возможности отжига материала на заводе-изготовителе после протяжки. Напротив, анализ магнитострикционных свойств никелевой проволоки диаметром 0,2 и 0,08мм фирмы Harris Co. и проволоки диаметром 0,2 мм образца Минцветмет приводит к выводу, что такой отжиг был произведен.

5. Уровень помех. Поглотители

Уровень помех в линии зависит от степени поглощения ультразвуковой энергии в поглотителях - высокомолекулярных органических соединениях с большим затуханием и дисперсией ультразвука.

Сравнительные качества способности к поглощению для ряда таких соединений в контакте с никелем были исследованы экспериментально в условиях, близких к рабочим условиям в линии.

В режиме периодизированной однократной записи на входной преобразо-

ватель от каскадов возбуждения поступали пачки импульсов с теми же параметрами, что и для испытания материалов линий. Схема расположения преобразователей и расстояния между ними по длине звукопровода даны на рис. 9, а. Образец осциллограммы сигналов на выходном преобразователе изображен на рис. 9, б. Поглотитель был на одном конце звукопровода (левом), второй конец оставался свободным. Выбранное положение преобразователей обеспечило раздельное наблюдение сигналов кода-прямых и отраженных, отсутствие наложения их друг на друга.

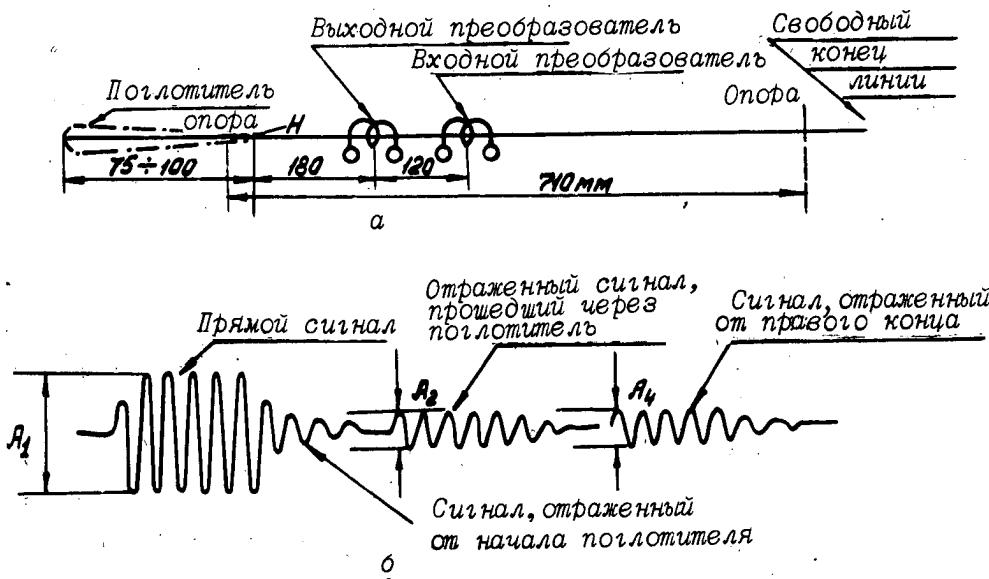


Рис. 9

вом), второй конец оставался свободным. Выбранное положение преобразователей обеспечило раздельное наблюдение сигналов кода-прямых и отраженных, отсутствие наложения их друг на друга.

Сигнал A_2 отличается от прямого сигнала A_1 за счет потери энергии на длине двойного пути в материале, контактирующем с поглотителем, и за счет потери энергии на участке звукопровода между выходным преобразователем и поглотителем. Последней компонентой ввиду ее незначительности можно пренебречь.

Определим степень поглощения материала поглотителя на 1м длины следующим образом:

$$K_{\Pi} = \frac{A_1}{A_2} \cdot \frac{10}{l_{\text{погл}}} \quad (7)$$

Здесь A_1/A_2 — отношение амплитуд прямого сигнала и сигнала, отражен-

ного от левого конца.

Для некоторых поглощающих материалов может наблюдаться отражение звукового сигнала от границы "звукопровод-звукопровод с поглощающим слоем" (точка Н на рис. 9,а). Для возможности раздельного наблюдения этого явления расстояние от выходного преобразователя до поглотителя должно давать задержку не меньшую, чем длительность пачки посылаемых сигналов. На схеме рис. 9,а это обеспечивается расстоянием 180мм. Отраженные сигналы A_3 видны в промежутке между сериями A_1 и A_2 . В качестве коэффициента отражения примем величину A_3/A_1 .

Результаты исследования материалов сведены в табл.2. (Цифра при букве ж обозначает количество жил в линии)

Коэффициент отражения A_3/A_1 указан в тех случаях, когда он заметно отличался от нуля. Результаты экспериментов и данные таблицы позволяют сделать следующие выводы о материалах и технологии изготовления поглотителей:

1. Поливиниловый спирт, колloidий, полистирол, бакелитовый лак горячей сушки и клей БФ-2 горячей сушки не могут быть применены.
2. Наиболее высокой степенью поглощения обладает битум ($K_{\Pi} = 20 \div 25$).
3. Поглотители высокого качества дают хорошо просушенный шеллак, бакелитовый лак холодной сушки, клей БФ-2 холодной сушки, несколько ниже - каучук, особенно для жил большего диаметра.
4. При заливке линии для образования поглотителя должна быть обеспечена плавная конусообразная форма поглотителя с постепенным нарастанием диаметра до $4 \div 5$ мм к концу линии. Это устраниет отражение от границы "звукопровод - звукопровод с поглотителем", что особенно существенно при использовании битума.
5. Следует обеспечить в процессе заливки легкий доступ поглотителя к каждой отдельной жиле звукопровода линии.

Таблица 2

Материал поглотителя, способ обработки	Материал линии задержки, коэффициенты поглощения и отражения
Поливиниловый спирт. Сушка на воздухе $K_{II} = 2,5$	Никель 4ж* $d0,3$ $K_{II} = 3,6$ Никель 10ж $d0,2$ $K_{II} = 2,5$ Никель 40ж $d0,1$ $K_{II} = 2,5$ Никель 60ж $d0,08$ $K_{II} = 5$
Коллодий. Воздушная сушка $K_{II} = 4; A_3/A_1 \approx 0,4$	Никель 3ж $d0,3$ $K_{II} = 4; A_3/A_1 \approx 0,5$ Никель 6ж $d0,2$ $K_{II} = 6; A_3/A_1 \approx 0,4$ Никель 20ж $d0,1$ $K_{II} = 6$ Никель 40ж $d0,1$ $K_{II} = 6$
Бакелитовый лак. Холодная сушка $K_{II} = 9$	Никель 4ж $d0,3$ $K_{II} = 9$ Никель 10ж $d0,2$ $K_{II} = 12$ Никель 30ж $d0,1$ $K_{II} = 12$
Бакелитовый лак. Горячая сушка $(t \sim 120^\circ\text{C})$	Никель 40ж $d0,1$ $K_{II} = 6,2; A_3/A_1 \sim 0,05$ Никель 40ж $d0,1$ $K_{II} = 5,2$ Никель 20ж $d0,08$ $K_{II} = 6,5$ Никель лента 3ж 0,5х0,12 $K_{II} = 6,5$ Никель лента 6ж 0,4х0,06 $K_{II} = 5,7; A_3/A_1 = 0,5$
Витум. Расплав при 150°C . Стыкование на воздухе	Никель 5ж $d0,3$ $K_{II} \sim 20; A_3/A_1 \sim 0,3$ Никель 18ж $d0,2$ $K_{II} \sim 20; A_3/A_1 \sim 0,15$ Никель 40ж $d0,1$ $K_{II} \sim 25; A_3/A_1 \sim 0,05$
Полистирол. Сушка на воздухе	Никель 4ж $d0,3$ $K_{II} = 7$ Никель 14ж $d0,2$ $K_{II} = 7,2$ Никель 40ж $d0,1$ $K_{II} = 10$ Никель 40ж $d0,1$ $K_{II} = 10$
Спиртовый раствор шеллака. Сушка на воздухе	Никель 4ж $d0,3$ $K_{II} = 9,5$ Никель 14ж $d0,2$ $K_{II} = 9,9$ Никель 40ж $d0,1$ $K_{II} = 10$ Никель лента 4ж 0,5 х 0,12 $K_{II} = 10$
Раствор каучука в бензине. Сушка на воздухе	Никель 6ж $d0,3$ $K_{II} = 5,6$ Никель 18ж $d0,2$ $K_{II} = 9$ Никель 40ж $d0,1$ $K_{II} = 7,5$ Никель 40ж $d0,1$ $K_{II} = 9$
Клей БФ-2. Холодная сушка $t = 120^\circ\text{C}$	Никель 4ж $d0,3$ $K_{II} = 13$ Никель 14ж $d0,2$ $K_{II} = 7,5$ Никель 40ж $d0,1$ $K_{II} = 8,5$ Никель 40ж $d0,1$ $K_{II} = 8$
Клей БФ-2. Горячая сушка $t = 120^\circ\text{C}$	Никель 4ж $d0,3$ $K_{II} = 5,4$ Никель 6ж $d0,2$ $K_{II} = 6$ Никель 40ж $d0,08$ $K_{II} = 3,0$

ЖИЛЫ

6. На уровень помех в линии очень сильно влияют механические дефекты звукопровода (скрутка шины, резкий изгиб и т.п.), в том числе и под поглотителем.

7. Уровень помех в линии меньше 10% обеспечивается длиной поглотителя $9 \div 10\text{ см}$ при применении материалов, перечисленных в разделе II, пп. 2 и 3.

III. ЭЛЕКТРОННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ОПЕРАТИВНОГО РЕГИСТРА

Электронные элементы регистра используют 7 электронных ламп (4 колбы) и оформлены в виде двух ячеек: выходного усилителя - формирователя и ячейки удлинения и возбуждения.

1. Выходной усилитель-формирователь, или более коротко ячейка вывода, предназначен для усиления сигналов приблизительно синусоидальной формы, поступающих от выходного преобразователя линии, и формирования из них положительных импульсов фиксированной формы и амплитуды, пригодных для использования в других целях устройства и во второй электронной ячейке регистра.

Ячейка вывода выполнена на стандартном каркасе с 30-контактным разъемом, использует два двойных триода 6Н1П и имеет три усилительных каскада и один формирующий (рис.10).

Входной сигнал от преобразователя поступает на клеммы a_1 и a_2 . Схема рассчитана на отрицательную амплитуду рабочей части входного сигнала. Коэффициент усиления усилительной части схемы регулируется потенциометром $R_{12} = 68\text{k}\Omega$. Сигнал с рабочей частью положительной амплитуды с выхода 3-го каскада поступает на запуск формирующего каскада, выполненного по схеме запертого блокинг-генератора. Сетка его заперта напряжением 30в относительно катода. Обратная связь от трансформатора подана в катод лампы блокинг-генератора. Детали $R_{17} = 270\Omega$ и D_4 типа ДГ-Ц8 устраниют колебательный процесс в трансформаторе, диоды D_3 типа ДГ-Ц8

и D_1 , D_2 типа ДГ-Ц4 обеспечивают восстановление потенциала на переходной емкости C_6 и устранение ложных повторных срабатываний при больших амплитудах входных сигналов. Выбор типов диодов D_1 , D_2 и D_3 и последовательное включение двух диодов D_1 и D_2 продиктованы стремлением избежать значительного изменения напряжения запирания формирующего каскада при изменениях обратных сопротивлений диодов.

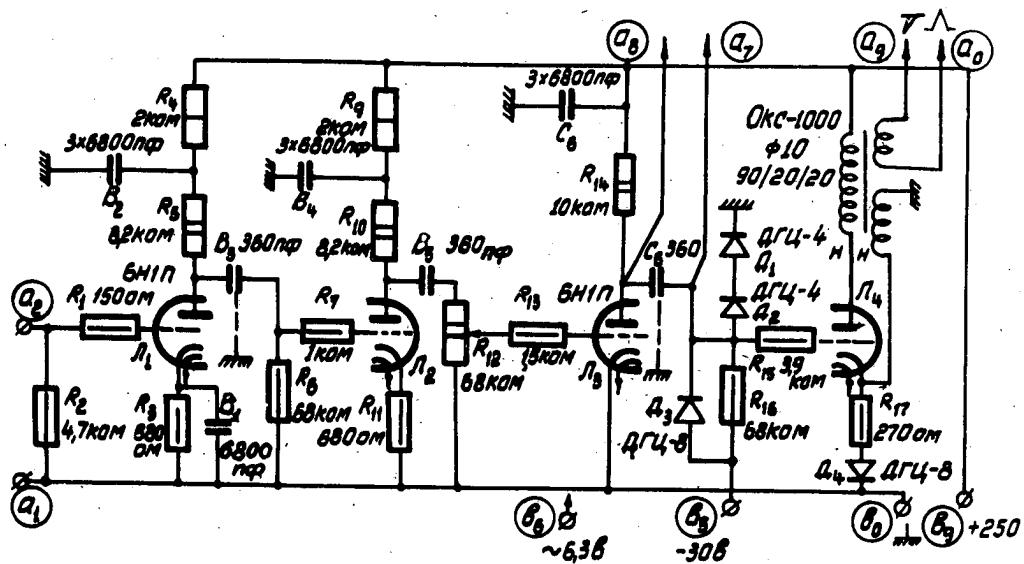


Рис. 10. Принципиальная схема выходного усилителя-формирователя

Трансформатор блокинг-генератора изготавливается на сердечнике Окс-1000 с внешним диаметром 10 мм, внутренним 6 мм и высотой 5 мм; первичная обмотка 90 витков, провод ПЭШО 0,15; выходная обмотка 20 витков, провод ПЭШО 0,15; обмотка обратной связи 20 витков, провод ПЭШО 0,15.

При номинальных значениях напряжений питания ($U_a = +250\text{в}$; $U_{CM} = -30\text{в}$; $U_{HAK} = 6,3\text{в}$) и максимальном установленном коэффициенте усиления работа ячейки характеризуется следующими данными (при этом на вход ячейки были поданы сигналы от ГСС-6):

- 1) При частоте $f = 400\text{кц}$ и изменении нагрузки на выходную обмотку в пределах $R_H = \infty \div 330\text{ом}$; $C_H = 0 \div 680\text{nF}$, порог срабатывания

$U_{\text{вх}} = 20 \div 24 \text{мв ампл.}$, сигнал на выходе достигает рабочей величины при $U_{\text{вх}} = 35 \div 40 \text{мв ампл.}$, дальнейшее увеличение входного сигнала вплоть до 1,4в не вызывает ложных срабатываний.

2) Рабочий диапазон частот при $R_H = \infty$ и $C_H = 0$ оценивается в пределах от 395 до 650кц. Ниже 395кц при значениях $U_{\text{вх}} = 0,4 \div 0,7 \text{в ампл.}$ возможно ложное срабатывание. Для работы на частоте 650кц нужно увеличение амплитуды входного сигнала до $U_{\text{вх}} = 50 \div 55 \text{мв ампл.}$, при $R_H = 330 \text{ом}$ и $C_H = 0$ рабочий диапазон частот 380 \div 530кц, при $R_H = \infty$ и $C_H = 680 \text{nф}$ рабочий диапазон частот от 320 до 500кц (при 500кц амплитуда входного сигнала должна составлять $U_{\text{вх}} = 57 \text{мв ампл.}$), при $R_H = 330 \text{ом}$ и $C_H = 680 \text{nф}$ рабочий диапазон частот от 320 до 500кц.

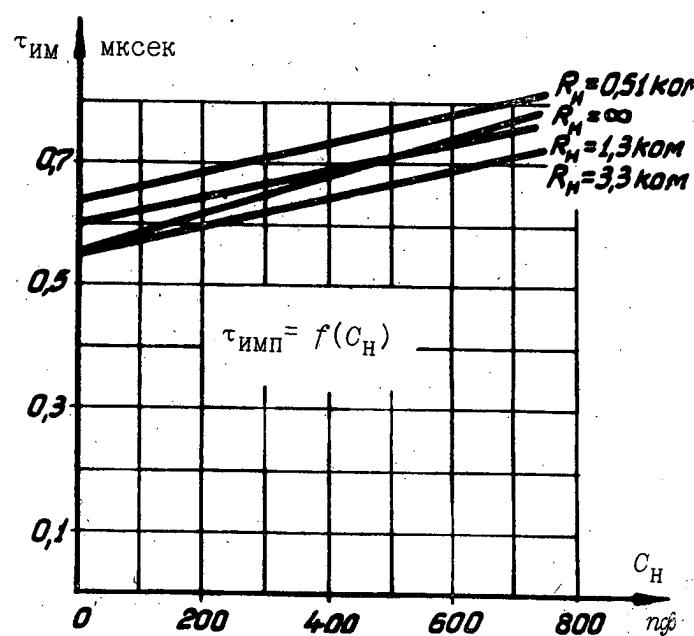


Рис. 11. Длительность выходного импульса ячейки вывода в зависимости от величины емкости нагрузки

чего общего с частотой импульсов кода.) Нагрузочные характеристики ячейки вывода при напряжениях питания $U_a = +250 \text{в}$, $U_{\text{см}} = -30 \text{в}$, $U_{\text{нак}} = 6,0 \text{в}$,

Вследствие того, что в реальной схеме регистра выходная обмотка нагружается удлиняющей емкостью $C_{\text{удл.}}$ величиной 390 nф и емкостью соединительных проводов $C_{\text{монтаж}} = 100 \div 200 \text{nф}$, диапазон частот доста- точен (Напомним, что рабочий диапазон частот определяет пределы длительностей сигналов отрицательной амплитуды, поступающих на вход ячейки вывода, и не имеет ни-

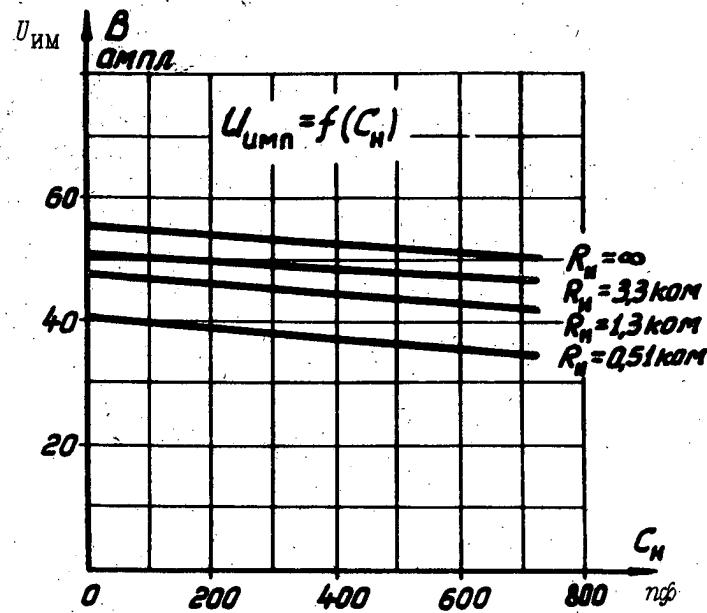


Рис. 12. Зависимость амплитуды выходного импульса от величины емкости нагрузки.

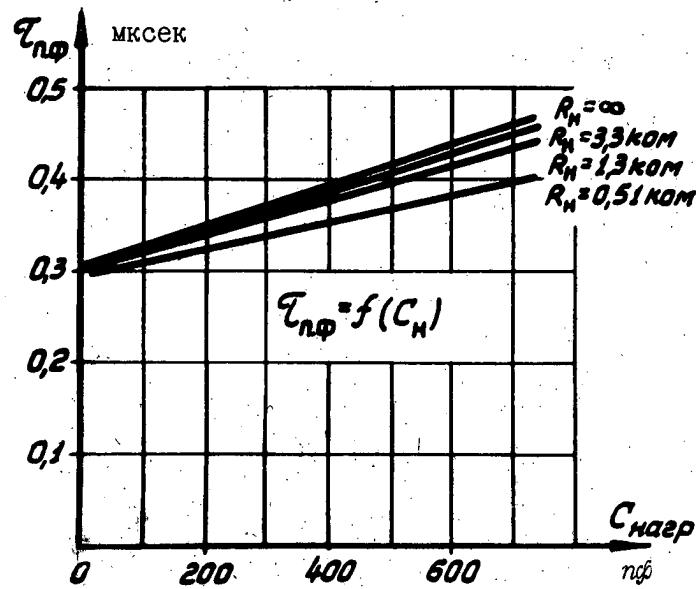


Рис. 13. Длительность переднего фронта выходного импульса в зависимости от величины емкости нагрузки.

частоте $f = 400\text{кц}$ и $U_{\text{ВХ}} = 57\text{мв ампл.}$ показаны на рисунках 11, 12 и 13.

Характеристики параметров сигнала при изменении напряжений питания приводятся в табл.3, снятой в условиях: частота $f = 400\text{кц}$, $U_{\text{нак}}=6,0\text{в}$, $U_{\text{ВХ}}=57\text{мв ампл.}$, $R_{\text{H}} = 1,3\text{ком}$, $C_{\text{H}} = 430\text{nф}$.

Работа ячейки вывода иллюстрируется осциллограммами рис.14-17.

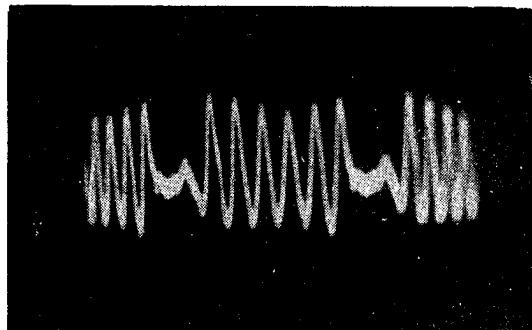


Рис.14. Код из 6 единиц, разделенных двумя нулями, на выходе 1-го каскада ячейки вывода (масштаб: в 1 см 0,3 в)

с 30-контактным разъемом и использует лампу типа 6Н1П и лампу типа 6П1П. Принципиальная схема ячейки изображена на рис.18.

Диоды D_1 и D_2 составляют части схем совпадения рециркуляции и записи соответственно (схемы совпадения B_1 и B_2 на рис.1). Схемы совпадения диодно-трансформаторного типа. Анод диода D_1 соединяется с выводом обмотки импульсного трансформатора ячейки вывода, дающим импульс положительной полярности. На второй конец обмотки задается управляющий потенциал от схемы управления регистром. Его величина равна -5в в режиме разрешения рециркуляции (схема совпадения открыта) и -40в , когда схема совпадения закрыта.

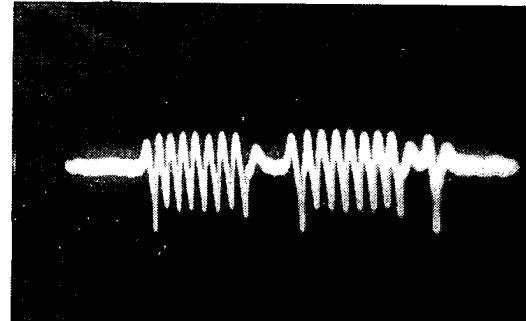


Рис.15. Код из 8 единиц на выходе 2-го каскада (масштаб: в 1 см 3,0 в)

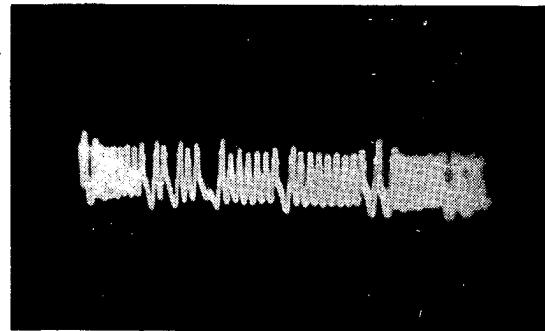


Рис. 16. Образец кода на выходе 3-го
каскада ячейки вывода (масштаб: в 1 см 30в)

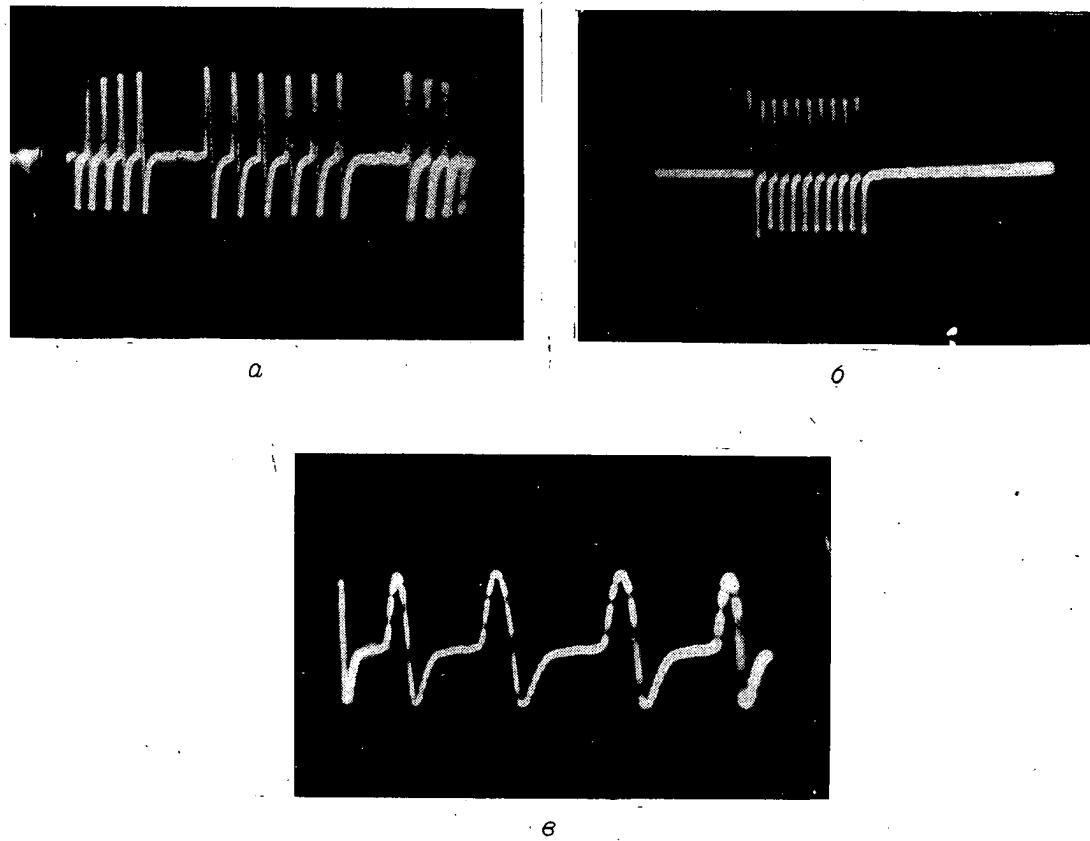


Рис. 17. Осциллограммы сигналов ячейки вывода:
а - код из 6 единиц на выходе формирующего каскада ячейки
вывода (масштаб: в 1 см 30в);
б - пачка 10 импульсов на выходе формирующего каскада
(масштаб: в 1 см 30в);
в - временные характеристики импульсов на выходе формирую-
щего каскада (масштаб: в 1 см 30в, метка - 0,1 миксек)

Аналогично осуществляется схема B_2 управления записью кода.

Положительные импульсы, поступившие через D_1 от ячейки вывода или через D_2 от кодовых шин, повышают потенциал точки А (рис.18) до +25в с постоянной времени, определяемой величиной удлиняющей емкости $C_1 = 360\text{nF}$ и общим сопротивлением контура заряда, включая прямое сопротивление

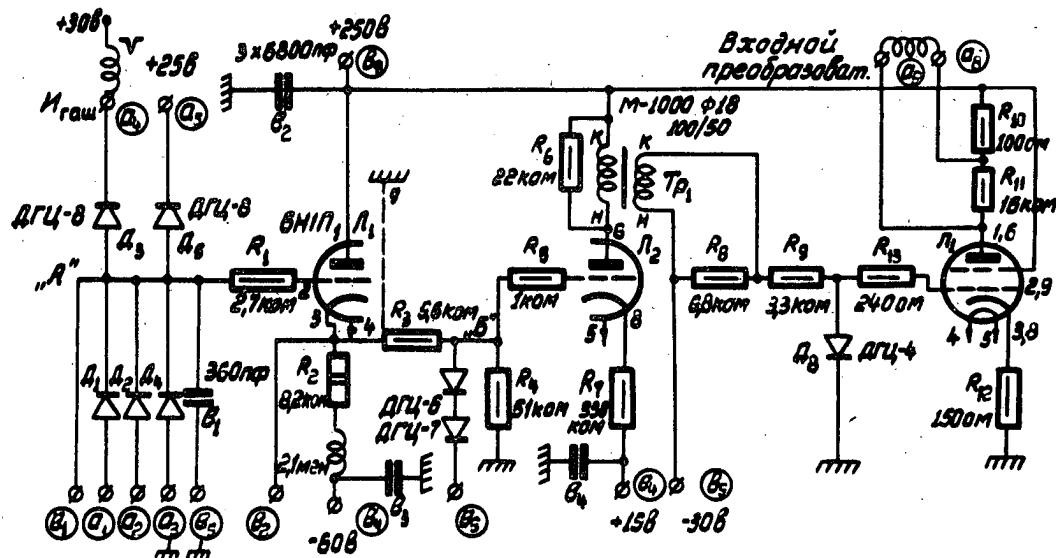


Рис. 18

диода D_1 или D_2 . Эксперимент показывает, что фронт нарастания напряжения в точке А практически не отличается от фронта импульса.

Верхний уровень напряжения в точке А фиксируется ограничивающим диодом D_5 , катод которого включен на +25в.

После окончания импульса потенциал точки А медленно снижается с постоянной времени разряда емкости C_1 через обратные сопротивления диодов D_1 , D_2 и D_4 . Обратные сопротивления диодов D_3 и D_5 замедляют темп снижения.

К катоду диода D_3 подаются импульсы гашения отрицательной полярности от шины, напряжение на которой между импульсами фиксировано на величине +30в. Амплитуда импульсов гашения 35-40в, длительность в основном 0,3-0,4мксек. В момент прихода импульса гашения потенциал

таблица 3

Напряжения питания, в		Параметры выходных сигналов		
U_a	U_{CM}	$U_{ИМП}, в ампл.$	$\tau_{П.Ф} \text{ мксек}$	$\tau_{ИМП} \text{ мксек}$
205	20	35	0,4	0,8
	25	35	0,4	0,8
	30	34	0,35	0,8
	35	33	0,35	0,8
	45	30	0,35	0,8
230	20	41	0,4	0,77
	25	40	0,4	0,77
	30	40	0,35	0,75
	35	40	0,35	0,75
	45	34	0,35	0,75
250	20	45	0,4	0,75
	25	44	0,4	0,7
	30	44	0,4	0,7
	35	44	0,4	0,7
	45	41	0,4	0,7
275	20	49	0,35	0,65
	25	49	0,35	0,7
	30	48	0,35	0,7
	35	47	0,35	0,7
	45	45	0,35	0,7
297	20	53	0,35	0,6
	25	53	0,35	0,6
	30	52	0,35	0,6
	35	52	0,35	0,6
	45	50	0,35	0,6

Примечание: 1. При $U_a=205\text{в}$ и $U_{CM}=-45\text{в}$ входной сигнал величиной 57мв недостаточен для возбуждения. Замеры проведены при $U_{BX}=70\text{мв ампл.}$
 2. При $U_a=230\text{в}$ и $U_{CM}=-45\text{в}$ входной сигнал величиной 57мв достаточен для возбуждения.
 3. При $U_a=297\text{в}$ и $U_{CM}=-20\text{в}$ самозапуска блокинг-генератора нет. Граница самозапуска: $U_{CM}=-10\div11\text{в}$.

точки "A" снижается до нуля со скоростью, совпадающей с крутизной переднего фронта импульса гашения. Дальнейшее снижение потенциала предупреждается ограничивающим диодом D_4 , анод которого включен на общую землю.

Потенциал точки A усиливается по мощности катодным повторителем на лампе 6Н1П и подается на вход стробирующего вентиля диодно-омического типа; образованного сопротивлениями R_3 и R_4 и диодами D_6 и D_7 , включенными последовательно для обеспечения величины обратного сопротивления диодов на порядок более высокой, чем сопротивление R_4 . В свою очередь, R_4 на порядок выше сопротивления R_3 . Соотношение между этими величинами определяет уровень помех на выходе вентиля.

Выбранный тип вентиля имеет меньшее выходное сопротивление, чем обычный вентиль с подачей управляющих сигналов на катоды диодов и сопротивлением, включенным на постоянный потенциал. По сравнению с вентилем диодно-трансформаторного типа он передает сигнал большей амплитуды, а отсутствие паразитных параметров обеспечивает получение сигнала хорошей и стабильной формы на выходе.

На вход вентиля подаются от общей шины стробирующие импульсы продолжительностью 1:1, 1 мксек и амплитудой 17в с плоской вершиной. Опорный потенциал шины - нулевой. Сигнал от вентиля поступает на сетку каскада раскачки на лампе 6Н1П, в катод которой введено сопротивление $R_7 = 330 \text{ ом}$, которое должно обеспечить большее постоянство характеристики схемы при ухудшении параметров лампы со временем. Такова же роль сопротивления R_{12} в катоде лампы 6П1П. На втором конце катодного сопротивления R_7 фиксирован потенциал +17в.

Через трансформатор Тр₁, изготовленный на сердечнике из Окс-1000 диаметром 10мм с обмотками 80 витков и 40 витков провода ПЭШО 0,15, сигнал поступает на оконечный каскад возбуждения, нормально запертый напряжением -30в. Амплитуда сигнала на сетке 6П1П ограничивается со-

противлением $R_9 = 3,3\text{к}\Omega$ и диодом D_8 , катод которого включен на землю.

В анодную цепь 6П1П включается катушка входного преобразователя, шунтированная сопротивлением $R_{11} = 16\text{k}\Omega$, обеспечивающим гальваническую связь анода с шиной питания при отключенной линии и уменьшающим колебательный процесс в контуре катушки. Сопротивление $R_{10}=100\div150\text{ ом}$ мощностью 0,5вт играет роль предохранителя, разрушаясь при случайных коротких замыканиях и предохраняя катушку входного преобразователя от перегорания.

В схеме ячейки ввода (рис.18) катушка входного преобразователя включена непосредственно в анодную цепь лампы и находится под сравнительно высоким анодным напряжением. В некоторых условиях эксплуатации это может быть нежелательным. Во втором варианте ячейки ввода (рис.19) катушка преобразователя отделена от лампы импульсным трансформатором.

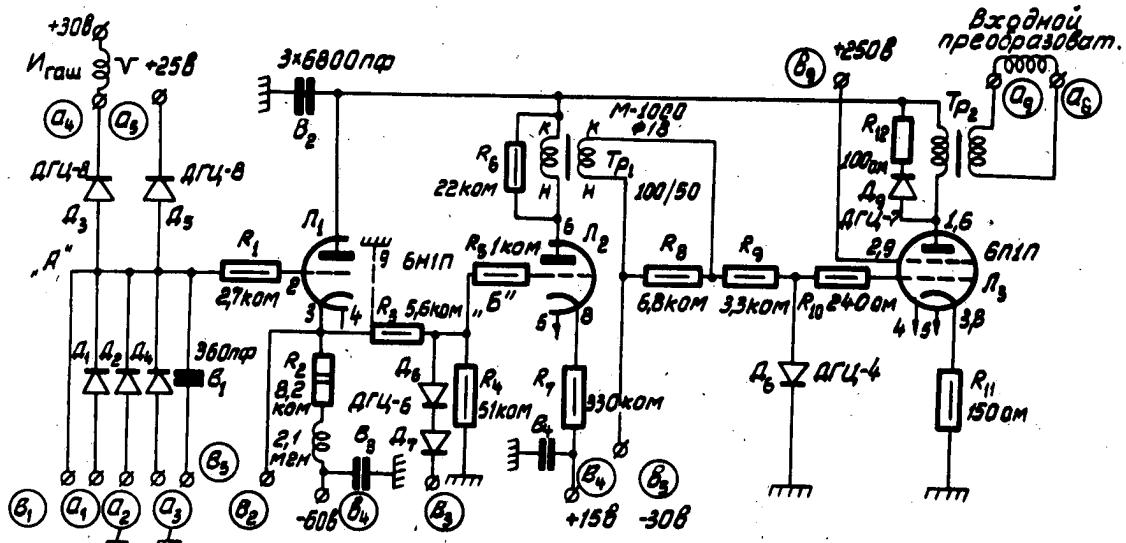


Рис. 19

Характеристики ячейки при этом практически совпадают с характеристиками предыдущего варианта (трансформатор из феррита М-1000 диаметром 18мм; число витков 80/80, провод ПЭШО диаметром 0,15).

Работа узлов ячейки ввода иллюстрируется осциллограммами рис.20÷26.

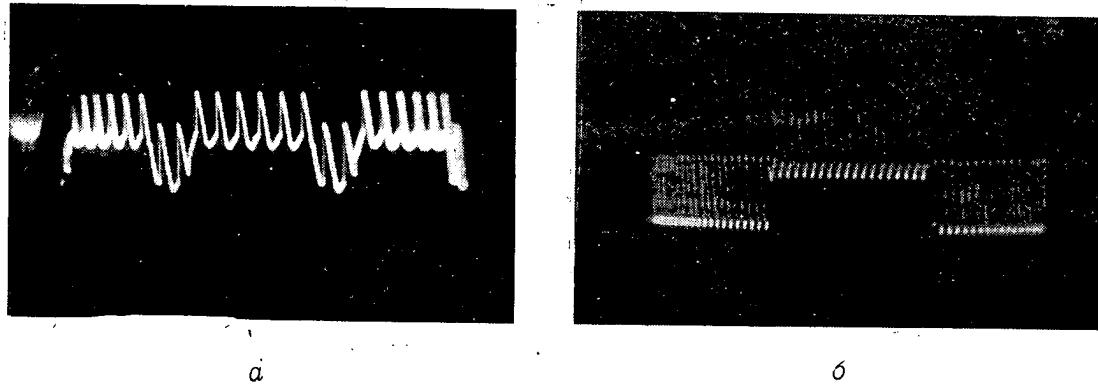


Рис. 20. Сигнал на вход записи ячейки ввода от стенда вспомогательной аппаратуры:

- а - режим периодической записи кода 11111100;
б - режим однократной периодизированной записи. Пачка 19 единиц (масштаб: в 1 см 30в)

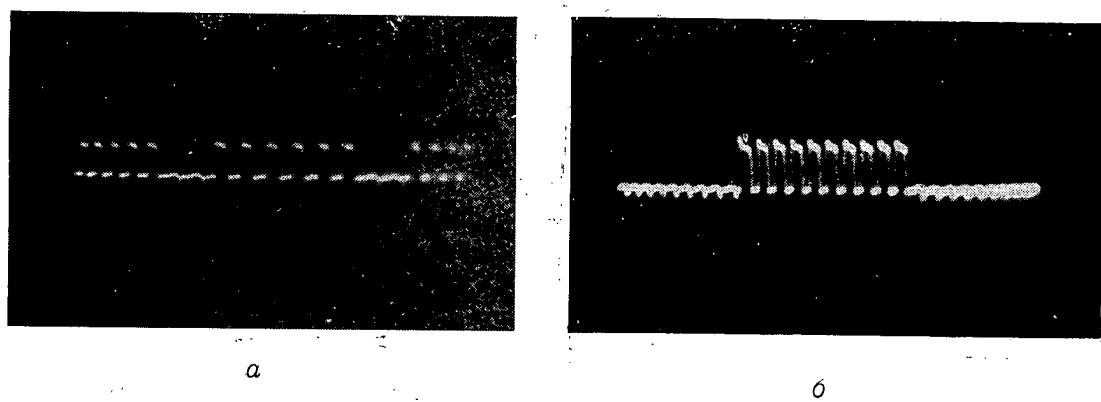


Рис. 21. Сигнал на удлиняющей емкости ячейки ввода:

- а - режим периодической записи кода 11111100;
б - режим хранения в линии пачки 10 единиц.
(масштаб: в 1 см 30в, развёртка 50мксек)

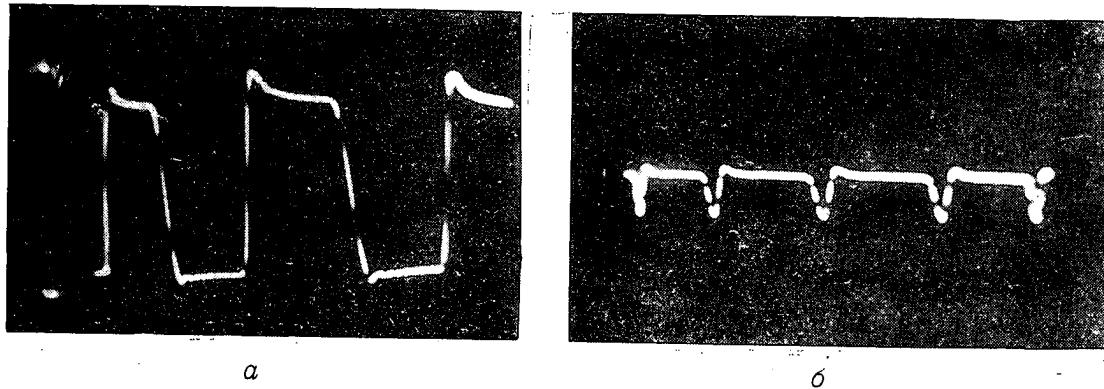


Рис. 22. Сигнал на удлиняющей емкости (на выходе катодного повторителя) при хранении в линии кода из сплошных единиц:
а - при максимально возможной для данного количества пазов длине задержки (масштаб: в 1 см 5 в, метка - 0,1 мксек)
б - при минимально возможной длительности задержки
(масштаб: в 1 см 30 в, метка - 0,1 мксек);
(Полустимые пределы температурного изменения времени задержки)



Рис. 23. Сигнал на удлиняющей емкости при оптимальной длительности задержки (масштаб: в 1 см 30 в, метка 0,1 мксек).

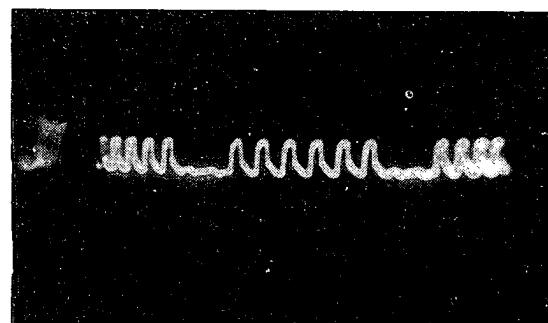


Рис. 24. Сигнал на выходе стробирующего вентиля (масштаб: в 1 см 30 в)

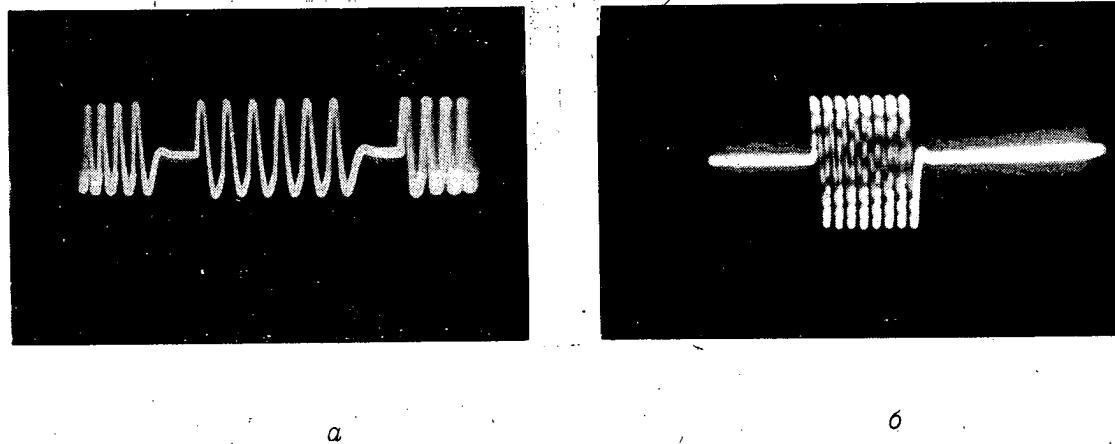


Рис. 25. Сигнал на управляющей сетке выходной лампы ячейки ввода:
а - режим периодической записи кода 11111100;
б - режим хранения в линии пачки 8 импульсов
(масштаб: в 1см 30с)

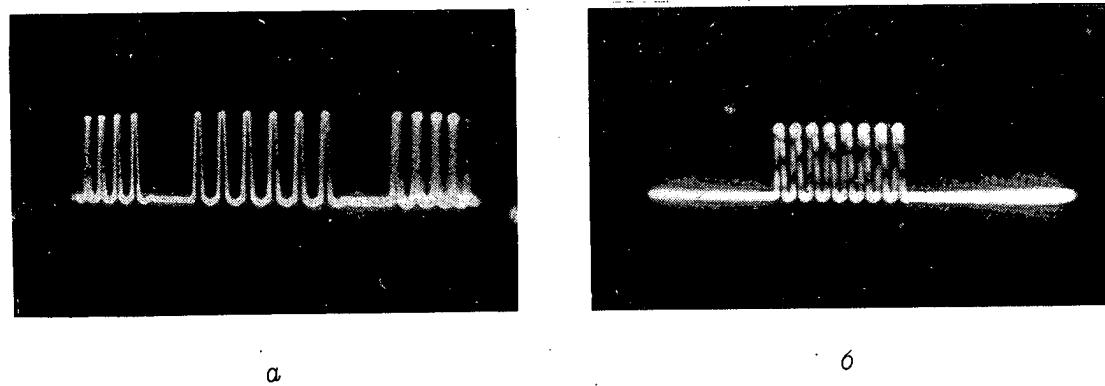


Рис. 26. Форма импульсов тока во входном преобразователе (сигнал на катодном сопротивлении выходной лампы):
а - режим периодической записи кода 11111100
(масштаб: в 1см 3,5с);
б - режим хранения в линии пачки 8 импульсов
(масштаб: в 1см 5с, метка - 0,1мксек).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанные в работе конструкции и схемы, составляющие в совокупности узел оперативного регистра одного числа, были изготовлены и испытаны каждая в количестве не менее трех единиц.

Линии, изготовленные в результате экспериментальных работ, рассчитаны на получение задержки от 45 до 105 мкsec и работу с частотой тактовых сигналов от 450кц и ниже. Входной преобразователь возбуждается импульсами тока амплитудой 50±70ма и шириной 1,1÷1,2 мкsec в основании. Выходной преобразователь развивает на сопротивлении нагрузки $R_H=4,7\text{ком}$ напряжение амплитудой 0,2±0,3в. Уровень помех в линии не превышает 10%. Электронные схемы регистра обеспечивают устойчивое хранение кода при изменениях анодного напряжения на ±15% и остальных напряжений на ±5%.

Показанная устойчивость характеристик и работы позволяет рекомендовать разработанный узел в качестве основного элемента для построения оперативного запоминающего устройства машины последовательного типа.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- B_1 - вентиль рециркуляции
- B_2 - вентиль записи
- B_3 - вентиль стробирования
- B_4 } - вентили считывания
- B_5
- B_L - вентиль ламповый "БЭСМ"
- Pr_1 - входной электромеханический преобразователь линии задержки
- Pr_2 - выходной электромеханический преобразователь линии задержки
- l_p - длина поглотителя, см.
- T_T - длительность такта (промежуток между соседними тактовыми импульсами)
- МСЛЗ - звукопровод магнитострикционной линии задержки
- Возб - каскады возбуждения входного преобразователя
- КП - катодный повторитель
- K_p - коэффициент поглощения материала поглотителя
- ЛЗ - линия задержки
- Ов - одновибратор
- П - переключатель
- $P_{зп}$ - потенциал записи
- ГИ - серия главных (тактовых, синхронизирующих) импульсов
- СГИ - серия сдвинутых главных импульсов
- Строб - серия стробирующих импульсов
- СОИ - синхронный одиночный импульс
- ТКт - температурный коэффициент изменения величины задержки
- ТВЧ - триггер высокочастотный (пентодный)

T - триггер

$C_{удл}$ - удлиняющая емкость

$У_{сч}$ - усилитель считывания (каскады усиления выходного сигнала)

Ф - формирующий каскад

ЛИТЕРАТУРА

1. Е.Ф. Бережной, Исследование возможности применения магнитострикционных линий задержки в электронных цифровых машинах.
(Отчет 1955г), ИТМ и ВТ АН СССР.
2. В.А. Зимин, Быстродействующая электронная счетная машина АН СССР,
Ч.5. Стандартные элементы, 1954 г.
3. Роббинс, Миллершип, Применение магнитострикционных линий задержки.
National Physical Laboratory. Symposium on Automatical
Digital Computation, март, 1953 г., Лондон.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Введение	3
I. Блок-схемы оперативного регистра и стенда	4
II. Магнитострикционная линия задержки	10
1. Конструкция линии	10
2. Фазовые соотношения в схеме и температурные пределы работо-	
способности	12
3. Катушки преобразователей	13
4. Материал звукопровода (линии)	14
5. Уровень помех. Поглотители	17
III. Электронные элементы оперативного регистра	21
Заключение	34

25X1

Approved For Release 2008/04/25 : CIA-RDP80T00246A004400020010-0

de Deny

Next 3 Page(s) In Document Denied

Approved For Release 2008/04/25 : CIA-RDP80T00246A004400020010-0

Поступило 11/XI - 1957 г.

Зак. 57.

Tip. 500

ИТМ и ВТ АН СССР. Москва, Ленинский проспект, 51